



แบบรายงานความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการวิจัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2558  
หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

**ส่วนที่ 1. ข้อมูลทั่วไป**

1. **ชื่อโครงการ** การตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายเมล็ดพืชด้วยระบบคอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพถ่ายความร้อนในย่านอินฟราเรด  
Detection of foreign bodies having similar physical properties to grains using computer-based thermal infrared vision system

2. **รายนามคณะผู้วิจัย**

1. นางนวกัศรา หนูนาคน (หัวหน้าโครงการ)  
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล  
โทร 02 329 8356 email kbnavaph@kmitl.ac.th
2. นายทวีพล ชื้อสัตย์ (ผู้ร่วมโครงการ)  
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล  
โทร 02 329 8347 email kstaweep@kmitl.ac.th
3. นายเอกสิทธิ์ ศรีธรรม (ผู้ร่วมโครงการ)  
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล  
โทร 02 329 8356 email kseakasi@kmitl.ac.th

3. งบประมาณการวิจัยที่ได้รับ.....970,000...บาท  
 แหล่งงบประมาณแผ่นดิน(แบบปกติ)  แหล่งเงินรายได้

5. ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี เริ่มทำการวิจัยเมื่อ.....1 ต.ค. 57..... ถึง..... 30 ก.ย. 58.....

6. **วัตถุประสงค์ของโครงการ**

- 6.1 เพื่อพัฒนาวิธีการวัดสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอมโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายความร้อนในย่านอินฟราเรด
- 6.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาวิธีการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายเมล็ดพืช

**ส่วนที่ 2. การรายงานความก้าวหน้า**

1. ตารางแสดงความก้าวหน้าของโครงการ ณ ช่วงรายงานเมื่อเทียบกับแผนการดำเนินงานทั้งโครงการ ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 12 เดือน

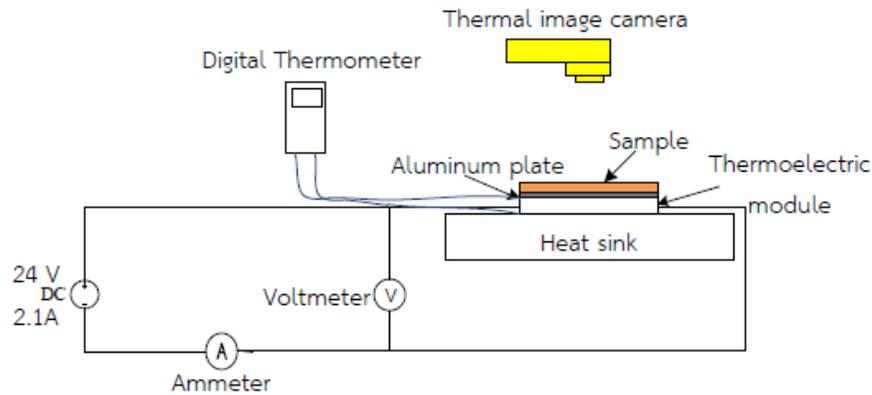
กิจกรรม/ ขั้นตอนการดำเนินการ	ระยะเวลา											
	เดือน											
	ต.ค. 57	พ.ย. 57	ธ.ค. 57	ม.ค. 58	ก.พ. 58	มี.ค. 58	เม.ย. 58	พ.ค. 58	มิ.ย. 58	ก.ค. 58	ส.ค. 58	ก.ย. 58
1. ศึกษาการวัดค่าสมบัติทางความร้อนด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับใช้สำหรับการวัดสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนและศึกษาแหล่งกำเนิดความร้อนและวิธีการประมวลผลภาพถ่ายความร้อนเพื่อตรวจจับสิ่งแปลกปลอม	↔	↔										
2. ออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์สำหรับการวัดค่าสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อน		↔	↔									
3. พัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ค่าสมบัติทางความร้อน			↔	↔								
4. ทดลองการวัดค่าสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม และวิเคราะห์ผลการทดลอง				↔	↔							
5. ออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยการประมวลผลภาพถ่ายทางความร้อน					↔	↔						
6. ปรับแต่งค่าในระบบควบคุมอุณหภูมิและการจับภาพให้เหมาะสมสำหรับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมและเมล็ดพืชแต่ละชนิด					↔	↔	↔	↔	↔	↔		
7. พัฒนาโปรแกรมสำหรับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปนอยู่กับเมล็ดพืช							↔	↔	↔	↔		
8. ทดสอบการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมและเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ										↔	↔	
9. วิเคราะห์ผลการทดสอบและประเมินผลที่ได้											↔	↔
10. สรุปผลการทดสอบ เขียนบทความและเขียนรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์												↔

↔ แผนงานทั้งโครงการที่วางไว้

↔ ผลการดำเนินงานจนถึงปัจจุบัน

## 2. รายละเอียดทางวิชาการที่ได้รับจากการวิจัย

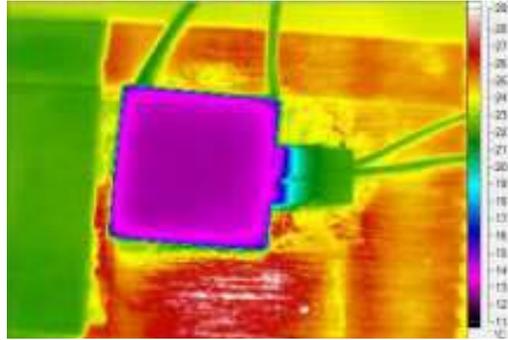
2.1 ออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์สำหรับการวัดค่าสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อน สมบัติทางความร้อนที่สำคัญสำหรับการประมวลผลภาพถ่ายความร้อนเพื่อตรวจจับสิ่งแปลกปลอม คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน โดยชุดทดลองประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ แหล่งควบคุมและจ่ายความร้อนและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์ทดลอง

แหล่งควบคุมและจ่ายความร้อนประกอบด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC 12706 (รูปที่ 1) เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน เนื่องจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกให้ความร้อนเท่ากันตลอดทั้งแผ่น โดยควบคุมการให้ความร้อนจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ชนิดปรับได้ (Adjust DC power supply) รุ่น BAKU BK1502DD โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ 0.6-2.1 A และจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 0-15 V ใช้มัลติมิเตอร์ รุ่น Agilent 34401A วัดค่ากระแสและแรงดันที่ป้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และติดแผงระบายความร้อนอลูมิเนียม เพื่อช่วยระบายความร้อนจากความร้อนสะสมและช่วยให้กระจายความร้อนบริเวณผิวบริเวณด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ใน ส่วนของเครื่องมือวัดอุณหภูมิงานวิจัยนี้ใช้ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์แบบสัมผัส FLUKE รุ่น 52 II โดยรับสัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิ้ลแบบ สัมผัสชนิดเค (K-type) วัดอุณหภูมิบริเวณผิวบริเวณด้านบน (ด้านเย็น) ผิวบริเวณด้านล่าง (ด้านร้อน) ของเทอร์โมอิเล็กทริกและ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม โดยมีระดับความแม่นยำที่  $\pm(0.05\%+0.3^{\circ}\text{C})$  และได้ประยุกต์การวัดอุณหภูมิของวัสดุแบบไม่สัมผัสโดยนากล้อง ถ่ายภาพความร้อน FLUKE รุ่น TI 400 ซึ่งมีความละเอียด 320 x 240 พิกเซล รับรังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น 8-14  $\mu\text{m}$  ช่วง การวัดอุณหภูมิ -20  $^{\circ}\text{C}$  ถึง +1,200  $^{\circ}\text{C}$  ความไวต่ออุณหภูมิ (Thermal sensitivity) เท่ากับ 0.05 K โดยในการใช้งานควรกำหนดค่า อุณหภูมิพื้นหลัง (Temperature) และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีให้ถูกต้องตามคุณสมบัติของวัสดุนั้น ๆ ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบต้องเป็น ตัวอย่างแผ่นบาง โดยจ่ายกระแสจากแหล่งจ่ายกระแสตรง ให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจนมีพลังงานความร้อนคงที่ อุณหภูมิบนผิวของ

ตัวอย่างที่นำมาทดลองเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการรับความร้อนที่ถ่ายเทออกจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จากนั้นใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนวัดอุณหภูมิที่แตกต่างของวัสดุตัวอย่างที่นำมาทดลองกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยในการทดลองได้บันทึกค่าอุณหภูมิของตัวอย่างและแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทุก ๆ 10 วินาที ตั้งแต่เริ่มวางตัวอย่างจนกระทั่งอุณหภูมิของตัวอย่างมีค่าคงที่หรือเข้าสู่ช่วงการถ่ายเทความร้อนในช่วงไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แสดงดังรูปที่ 2 ผลทดลองการวัดค่าสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอมสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนแสดงดังตารางที่ 1



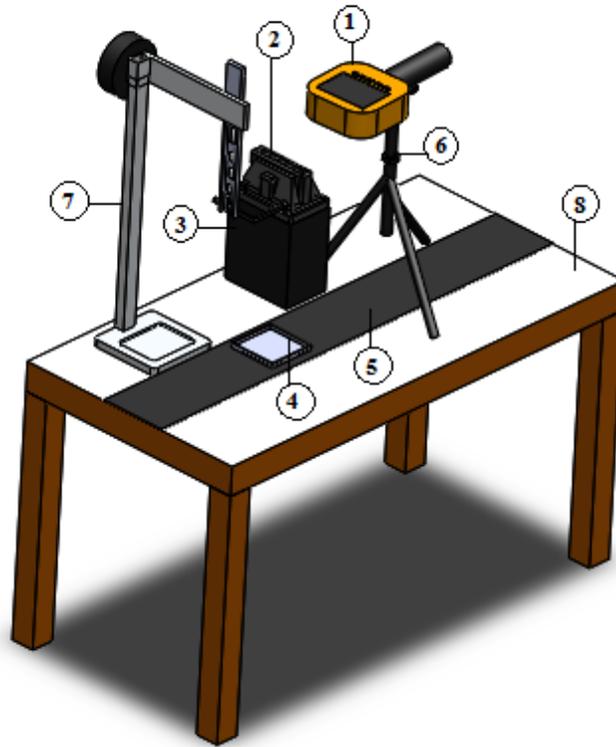
รูปที่ 2 ภาพถ่ายทางความร้อนบริเวณที่ผิวของตัวอย่าง (สีชมพู)

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุทดลอง

ชนิด	ความจุความร้อนจำเพาะ, (Cp) (kJ/kg·K)	ความจุความร้อนจำเพาะ อ้างอิง (kJ/kg·K)	ที่มา	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน, (ε)	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน อ้างอิง	ที่มา
ลูกเต๋อย	2.163 ± 0.82	1.450 - 2.120	Legrand et al, 2006	0.94 ± 0.0100	0.91 - 0.93	Jeng Liang Lin et al,1998
เศษหิน	0.892 ± 0.02	0.460 - 0.900	Lalit et al, 2010	0.94 ± 0.0058	0.88 - 0.95	Mallory,1969
เศษไม้	2.853 ± 0.02	1.260 - 2.900	Tan, 2010	0.84 ± 0.0305	0.82 - 0.92	Touloukian and Ho,1972
เศษเชือก	1.543 ± 0.53	0.668 - 1.760	Boudenne et al, 2005	0.93 ± 0.0102	0.80 - 0.93	Mallory,1969
ฟิวเจอร์บอร์ด	1.310 ± 0.60	0.881 - 2.548	Boudenne et al, 2005	0.83 ± 0.0361	0.84 - 0.86	Boudenne et al,2005

## 2.2 ชุดอุปกรณ์ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยการประมวลผลภาพถ่ายทางความร้อน

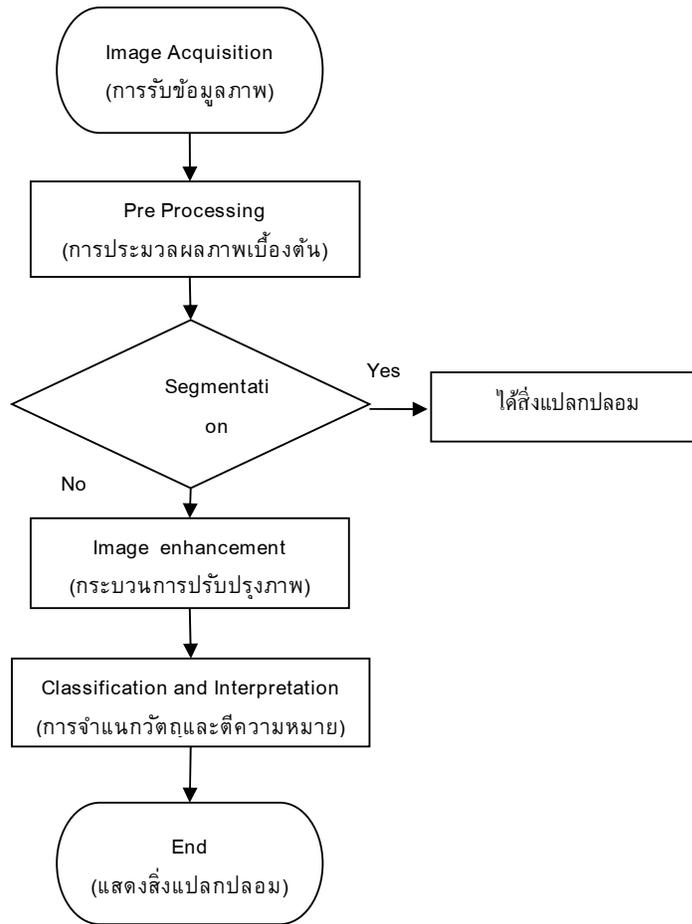
ชุดการทดลองสำหรับการถ่ายภาพความร้อนแสดงดังรูปที่ 3 ประกอบด้วย (1) กล้องถ่ายภาพความร้อนยี่ห้อ Fluke รุ่น TI400 ที่มีความไวต่ออุณหภูมิ (Thermal sensitivity) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 องศาเซลเซียส ติดตั้งอยู่เหนือภาชนะบรรจุตัวอย่าง โดยกำหนดระยะโฟกัสของกล้องถ่ายภาพความร้อน 43 เซนติเมตร (2) หลอดไฟประเภทโคมไฟสปอร์ตไลท์ฮาโลเจน ขนาด 150 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ติดตั้งสูงจากภาชนะบรรจุตัวอย่าง 31 เซนติเมตร (3) ที่ครอบไฟ เพื่อให้ไฟส่องไปยังเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอมได้อย่างทั่วถึง (4) ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง เลือกใช้ถาดอลูมิเนียมชนิดผิวไม่มันวาวเพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนต่ำเมื่อได้รับความร้อนจากหลอดไฟพลังงานความร้อนที่กล้องได้รับจะน้อยกว่าเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม จึงสามารถใช้ภาพถ่ายความร้อนแยกพื้นหลังถาดอลูมิเนียมชนิดผิวไม่มันวาวจากเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอมได้ (5) ชุดสายพานลำเลียง (6) ขาดังกล้องสามารถปรับระดับความสูงได้ (7) ขาดังไฟสามารถปรับระดับความสูงได้ และ (8) ฐานแบบจำลองการถ่ายภาพความร้อน



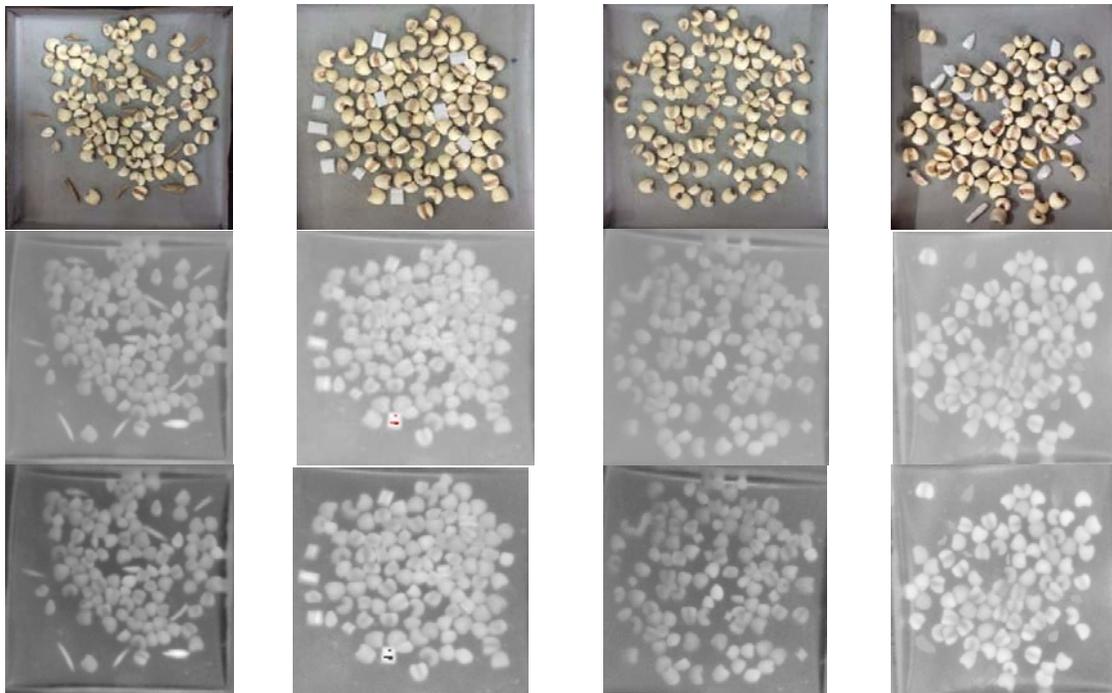
รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับการถ่ายภาพความร้อนตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับเมล็ดยี่

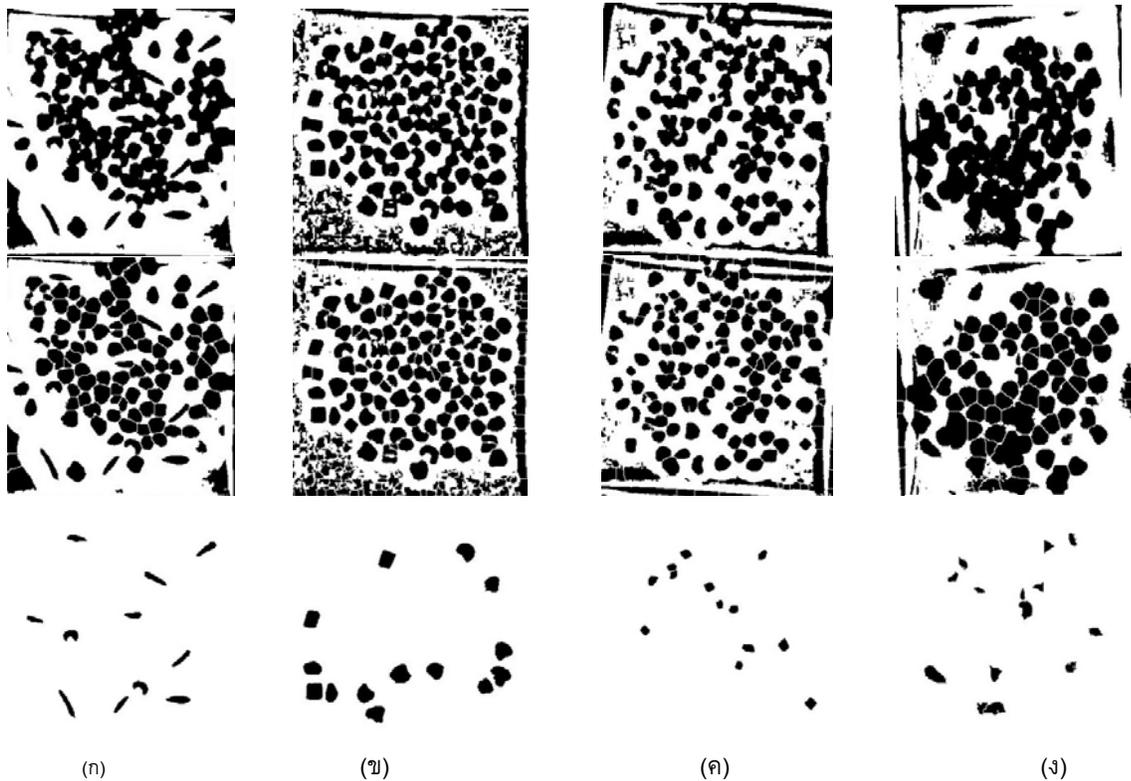
### 2.3 การประมวลผลภาพถ่ายความร้อน

การประมวลผลภาพถ่ายความร้อนของสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับเมล็ดยี่เป็นไปตามกระบวนการประมวลผลภาพดังรูปที่ 4 เริ่มด้วยขั้นตอนการรับข้อมูลภาพ (Image Acquisition) ซึ่งเป็นการนำภาพถ่ายความร้อนจากขั้นตอนการถ่ายภาพหัวข้อที่ 2.3.2 มาปรับเป็นภาพระดับสีเทาด้วยโปรแกรม Smart view จากนั้นเข้าสู่การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Image Pre-Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพที่ได้จากขั้นตอนการรับข้อมูลภาพมาแปลงเป็นภาพระดับสีเทาในโปรแกรม Image J จากนั้นเข้าสู่กระบวนการแยกส่วน (Segmentation) เป็นกระบวนการที่แยกพื้นหลังออกจากเมล็ดและสิ่งแปลกปลอมโดยทำการปรับค่าเทรชโฮล จากนั้นเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงภาพ (Image enhancement) แล้วไปยังกระบวนการจำแนกวัตถุและตีความหมาย (Classification and Interpretation) ซึ่งเป็นการระบุค่าความกลมและพื้นที่ของวัตถุที่ต้องการแสดงผลออกมา และสุดท้ายแสดงผลที่ที่ได้จากการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับเมล็ดยี่ ผลการประมวลผลภาพถ่ายความร้อนระหว่างลูกเดียวกับเศษเชือก พลาสติก (พีวีเออร์บอร์ด) เศษไม้ และ เศษหิน แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 กระบวนการประมวลผลภาพ





รูปที่ 5 ภาพถ่ายจริง-ภาพถ่ายทางความร้อนที่แปลงเป็นภาพระดับสีเทา-ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ  
 (ก) ลูกเต๋อเดียวกับเศษเชือก (ข) ลูกเต๋อเดียวกับพลาสติก (พีวีเจอร็อบอร์ด) (ค) ลูกเต๋อเดียวกับเศษไม้ และ (ง) ลูกเต๋อ

3. สรุปผลการดำเนินงาน

เป็นไปตามแผน  ไม่เป็นตามแผน เนื่องจาก ต้องปรับแต่งชุดทดลองและทำการทดลองเพิ่มเติม

4. ความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการวิจัยที่ดำเนินการไปแล้ว คิดเป็นร้อยละ.....80.....

5. รายละเอียดแผนงานที่จะดำเนินการต่อ.สรุปผลเขียนบทความวิจัยระดับนานาชาติ

6. ปัญหา /อุปสรรค-เนื่องจากผลการทดสอบไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ จึงต้องปรับแต่งชุดทดลองและทำการทดลองเพิ่มเติม.....

7. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ปัญหา พัฒนาปรับปรุงต่อไป.....

8. กำหนดเวลาที่ส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประมาณ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2559

9. ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวในข้างต้นเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ .....

(รศ. ดร.นวกัทยา หนูนาค)

หัวหน้าโครงการ

วันที่ 20 กันยายน 2558